Composición físico-química y digestibilidad de los ensilajes de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*)

J. Llanes[1], A. Bórquez[2], J. Alcaino[2] y J. Toledo[1]

[1]*Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Carretera Central km. 41, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*
[2]*Escuela Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Campus Norte, Rudecindo Ortega 02950, Temuco, Chile*
Correo electrónico: jellanes@telemar.cu

Se determinó la composición físico-química y digestibilidad *in vivo* de los ensilajes químico-biológicos de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico *Salmo salar* (Linnaeus 1758). El ensilaje químico se preparó con 2 % de ácido sulfúrico, 98 y 1 % de ácido fórmico (p/v), y el biológico con 12 % de azúcar de remolacha y 3 % de yogurt (*Lactobacillus bulgaris* (p/p)). Los peces (141.64 + 28.68 g de peso promedio y 25.91+ 1.70 cm de longitud) se distribuyeron al azar, según modelo de clasificación simple, en tres tratamientos triplicados (una dieta de referencia y dos experimentales con cada silo). Se utilizó óxido crómico como indicador inerte. Las heces se recolectaron por decantación en tanques cilindro-cónicos, de tipo Guelph modificado. La composición química mostró que los contenidos de proteína de los ensilajes (52.1 y 38.3 %) disminuyeron ($P < 0.001$) con respecto a los residuos frescos (60.2 %), debido a la adición de los preservantes en el producto final. La digestibilidad de los nutrientes difirió en función del tipo de ensilaje. La proteína resultó mayor ($P < 0.001$) para el ensilaje químico (86.1%), mientras que la materia seca (80.34 %), lípidos (98.65 %), fósforo (56.5 %) y energía (87.28 %) lo fueron para el biológico. La digestibilidad de las cenizas no difirió entre los silos (51.1 y 54.1 %). Se concluye que los ensilajes de residuos pesqueros variaron su composición química, pero no alteraron su valor nutricional, por lo que constituyen una fuente de proteína alternativa en la formulación de raciones para salmón del Atlántico.

Palabras clave: *digestibilidad, ensilajes pesqueros, salmón, valor nutritivo*

Uno de los principales retos de la industria salmonera es eliminar la mortalidad en el manejo, además de desechar legalmente los residuos del procesamiento industrial. El aprovechamiento de estos subproductos mediante técnicas sencillas y relativamente económicas, como son los ensilajes basados en la acidificación de la materia prima (Toledo *et al*. 2009), puede ser una alternativa viable. De esta forma se pudieran reciclar como fuente de proteínas alternativas para las raciones de salmones.

Numerosos trabajos demostraron que los ensilajes de residuos pesqueros (EP), como la harina de pescado, pueden sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de especies omnívoras como pacú (*Piaractus mesopotamicus*) (Vidotti *et al*. 2002a), bagre africano (*Clarias gariepinus*) (Llanes *et al*. 2008 y Toledo *et al*. 2009) y tilapias rojas *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* (Llanes 2010).

El valor nutricional de un alimento o ingrediente se evalúa por la composición química y por el nivel de utilización digestiva por parte del pez (NRC 1993). El objetivo de este trabajo fue determinar la composición físico-química y la digestibilidad *in vivo* de los ensilajes químico- biológicos de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico *Salmo salar* (Linnaeus 1758).

Materiales y Métodos

El bioensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco, Chile.

Preparación de los ensilajes de pescado y dietas experimentales. Se utilizaron desechos de pescados marinos (cabezas, espinas, piel y vísceras en menor proporción), comercializados en la Feria Pinto de Temuco, Chile. Se molieron en un molino de carne, a un tamaño de 1cm. La pasta de pescado se homogeneizó y dividió en dos porciones iguales. Para el ensilaje químico (EQ) una porción se mezcló con 2 % de ácido sulfúrico, 98 % (p/v) y 1 % de ácido fórmico (p/v). Para el biológico (EBL), se combinó con 12 % de azúcar de remolacha (p/p) y 3 % de yogurt comercial (p/p), como cultivo de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus bulgaris*). Ambos ensilajes se colocaron en recipientes plásticos con tapas. El EQ se almacenó a temperatura ambiente y el EBL, en una estufa de calor seco a 40 ºC durante siete días (Fagbenro y Jauncey 1993). El pH se midió con un potenciómetro digital HANNA. Se tomaron muestras de ensilaje para su análisis bromatológico. Posteriormente, ambos silos se secaron a 60 ºC durante 48 h en la estufa.

Para el ensayo de digestibilidad *in vivo* se utilizó la dieta de referencia de Glencross *et al*. (2005) (tabla 1) y dos dietas experimentales, preparadas con 70 % de la referencia y 30 % de cada ensilaje (EQ y EBL). El óxido crómico se usó como marcador inerte y se añadió en una proporción de 15 g/kg de alimento. La composición química proximal de las dietas experimentales se muestra en la tabla 2.

Para la preparación de las dietas, las harinas se tamizaron a 250 µm y se mezclaron en seco en una mezcladora Kichenaid, modelo K5SS (10 min). El almidón se gelatinizó con agua destilada, sometiéndose a un proceso de hervor (10 min). Posteriormente, se agregó a la mezcla seca, unido al aceite de pescado y al

Tabla 1. Composición porcentual de la dieta de referencia (g/100g de alimento)

Ingredientes	%
Harina de pescado	65.0
Aceite de pescado	11.0
Almidón pre-gelatinizado	15.0
Celulosa	6.5
Mezcla de vitaminas	0.5
Mezcla de minerales	0.5
Oxido crómico	1.5

DA nutrientes (%) = (DA test x Nutriente test – (DA referencia x Nutriente referencia x 0,7) / (0,3 x Nutriente ingrediente).

El procesamiento de los datos se realizó mediante análisis de varianza de clasificación simple. Cuando fue necesario, se docimaron las diferencias entre medias según Duncan (1955). Se utilizó para ello el sistema de cómputo de datos INFOSTAT, versión 1 (Balzarini *et al*. 2001).

Resultados y Discusión

Los valores de pH de los ensilajes experimentales durante los siete días de almacenamiento fueron para el biológico de 4.10 a 4.16. Estos valores coincidieron con lo informado por Llanes *et al*. (2008). Para el químico, estuvieron entre 2.73 y 3.01, similares a lo citado por Vidotti *et al*. (2002b). Estos tenores fueron satisfactorios para la conservación de los residuos de pescado, y estuvieron de acuerdo (< 4.5) con los consignados por Toledo y Llanes (2007) para garantizar la buena calidad de los silos en este tipo de subproducto.

Tabla 2. Composición proximal de las dietas experimentales (g/100g de alimento). Valores medios y desviación estándar (n=3)

Indicadores	D1 (Referencia)	D2 (Ensilaje químico)	D3 (Ensilaje biológico)
Materia seca	96.14 + 0.02	96.97 + 0.20	96.42 + 0.11
Proteína bruta	47.17 + 0.33	48.02 + 0.47	44.62 + 0.35
Extracto etéreo	18.39 + 0.02	18.42 + 0.07	17.53 + 0.02
Cenizas	12.26 + 0.12	13.99 + 0.01	12.53 + 0.03
Fósforo	01.52 + 0.05	01.53 + 0.02	01.64 + 0.02
Energía digestible (Mj/Kg)	18.85 + 0.20	18.20 + 0.20	18.68 + 0.16

óxido crómico, y se siguió mezclando (20 min). Para la peletización se usó un molino de carne RCA de 1HP y una matriz con orificios de 3.5 mm. Los granulados se secaron en la estufa a 60 °C, durante 48 h.

Bioensayo. Se realizó un diseño completamente aleatorizado en nueve tanques de fibra de vidrio cilindrocónicos, del tipo Guelph modificado (tres acuatorios por tratamiento). Los tanques contenían 40 juveniles de salmón del Atlántico *Salmo salar*, con peso promedio de 141.64 + 28.68 g y 25.91+1.70 cm de longitud. El flujo de agua se ajustó para maximizar la sedimentación de las heces en el desagüe y garantizar su recogida en la columna de decantación. Los valores de temperatura y concentración de oxígeno disuelto se tomaron con un Oxímetro HANNA.

Los peces se mantuvieron una semana de aclimatación en los tanques experimentales. Posteriormente, se procedió a recoger las heces durante cinco días. La alimentación se realizó *ad libitum* en dos tomas diarias (9:00 am y 5:00 pm). La recogida de las heces se efectuó al día siguiente, antes de proceder a la primera alimentación. Las heces se congelaron en el ultra congelador VWR 5700 a -81ºC y se secaron en un liofilizador CHRIST Alpha LD, a 0.060 mbar y -62 ºC. La composición proximal de las muestras de ensilajes, dietas y heces se determinó de manera triplicada, según la AOAC (1995). El cromo se determinó por digestión ácida (AOAC 1995) y se leyó en un espectrofotómetro de absorción atómica 550 µm. Los valores de digestibilidad aparente (DA) se calcularon según Bórquez *et al*. (2007).

DA Materia seca (%) = (DA test - 0.7) x DA referencia) / 0.3.

Los resultados de la composición proximal de los ensilajes (tabla 3) revelaron que los procesos de acidificación y fermentación láctica variaron los valores porcentuales de nutrientes con respecto a la materia prima. Esto lo habían demostrado anteriormente Gerón *et al*. (2007).

La bioquímica de los ensilajes de pescado no se ha descrito detalladamente. Una razón de la disminución de los nutrientes en los ensilajes biológicos se debe a la adición de los diferentes preservantes (azúcar de remolacha y yogurt) en la formulación. Como refirieron Vidotti *et al*. (2002b) y Gerón *et al*. (2007), los preservantes diluyen las concentraciones de nutrientes en el producto final. Contrariamente, en un estudio de Fagbenro y Jauncey (1993) con residuos de tilapias fermentados se encontró aumento de la grasa. Esto se atribuyó a la solubilidad del ácido láctico en el éter de petróleo al extraer las grasas.

Trabajos de González y Marín (2005) y de Albrecht y Torpoco (2008) demostraron que los silos de pescado variaron la composición proximal con respecto al tiempo de almacenamiento, debido al consumo de carbohidratos por parte de las bacterias lácticas que producen ácido láctico, agua y metabolitos volátiles, sustancias que

Tabla 3. Composición proximal de los desechos frescos y los ensilajes (g/100g MS)

Indicadores	Desechos frescos	Ensilaje químico	Ensilaje biológico	EE ±
Materia seca	32.80[a]	25.98[b]	28.90[c]	1.78**
Proteína bruta	60.22[a]	52.09[b]	38.26[c]	3.93***
Lípidos	22.34[a]	21.10[a]	15.12[b]	1.32**
Cenizas	17.38[a]	16.98[a]	11.87[b]	1.12***
Fósforo	2.16[a]	0.81[c]	1.82[b]	0.26**

ES- Error estándar (n=3) **P < 0.01 ***P < 0.001

mantienen este producto en constante cambio.

Gerón *et al*. (2007) y Santana-Delgado *et al*. (2008) consignaron que la disminución de los contenidos de proteína en los ensilajes químicos se debe a la hidrólisis y a los efectos autolíticos en la degradación de las proteínas y nucleoproteínas. Estas se transforman en componentes más simples, como aminoácidos y amonio, que se volatilizan durante el almacenamiento.

Los altos valores de cenizas (tabla 3) en los silos de residuos pesqueros están dados por la presencia de grandes cantidades de escamas, espinas y huesos. Asimismo, los contenidos de fósforo en estos residuos pueden ser beneficiosos en las raciones, ya que se encuentran en forma de fosfato tricálcico y carbonato de calcio (Toledo *et al*. 2009), asimilables por los peces gástricos (NRC 1993).

González y Marín (2005), Gerón *et al*. (2007) y Santana-Delgado *et al*. (2008) informaron composiciones químicas de ensilajes preparados con diferentes materias primas (residuos de sardinas, tilapias, macarela entera española). Las composiciones referidas por estos autores difirieron entre sí y con lo informado en este trabajo. De acuerdo con Vidotti *et al*. (2002b), estas divergencias se deben a la composición química de las diferentes materias primas, que puede variar con la especie, sexo, época de captura, alimentación, estado reproductivo, e incluso, de acuerdo con el tipo de corte industrial en el procesamiento.

Durante el experimento de digestibilidad, la temperatura y el oxígeno disuelto del agua de los tanques experimentales oscilaron de 12.9 a 14.6 ºC, y de 7.91 a 8.61 mg/L, respectivamente. El nivel de amonio se monitoreó y se mantuvo a través de la circulación de agua en valores bajos de 0.01mg/L. No se encontró mortalidad y las raciones se consumieron rápidamente.

Refstie *et al*. (2004) y Hevroy *et al*. (2005) coincidieron en que la utilización de hidrolizados de proteínas de pescado en la dieta de los salmones mejoró el consumo de alimento. Este criterio concuerda con lo obtenido en este estudio, donde los ensilajes proporcionaron aminoácidos libres del proceso de hidrólisis que pueden tener efecto atrayente para los peces (Stone *et al*. 1989).

Las digestibilidades aparentes de nutrientes y energía de los ensilajes (tabla 4), obtenidas por el método de recolección de heces a través del sistema Guelph y el óxido crómico como marcador, resultaron satisfactorias con respecto a otros informes consultados.

De los ensilajes evaluados, el biológico presentó mayor digestibilidad total, lípidos, fósforo y energía, mientras que la proteína fue mayor para el químico (P < 0.01). La digestibilidad de las cenizas no difirió entre las metodologías estudiadas.

La menor digestibilidad de la proteína (P < 0.01) en los residuos fermentados estuvo dada por el aumento de los contenidos de bases volátiles nitrogenadas (BVN). Este proceso es resultado de la desaminación oxidativa de los aminoácidos libres, componentes del nitrógeno no proteico, por parte de un número de bacterias que causan su reducción y, al mismo tiempo, generan amonio, lo que conduce a consecuencias negativas en el valor nutricional de este tipo de ensilaje. Enes *et al*. (1998) encontraron mayor formación de BVN en el ensilaje biológico con respecto al químico. Refirieron que fue una desventaja, ya que esto conduce a la reducción en los contenidos de aminoácidos.

González y Marín (2005) explicaron que en estos silos hay crecimiento de microorganismos capaces de

Tabla 4. Digestibilidad aparente de nutrientes de los ensilajes de residuos pesqueros en *Salmo salar* (g/100g)

Nutrientes	Ensilaje químico	Ensilaje biológico	EE ± Sig
Materia seca	64.16	80.34	2.32**
Proteína	86.81	79.34	1.52**
Lípidos	95.94	98.65	0.63*
Cenizas	51.05	54.08	2.10
Fósforo	41.29	56.55	2.03**
Energía	76.45	87.28	2.01**

EE- Error estándar (n=3) *P < 0.05 **P < 0.01

multiplicarse a temperatura menor o igual a la ambiental. Estos presentan características proteolíticas y lipolíticas que desempeñan una función importante en el proceso de descomposición del pescado. Los autores citados comprobaron durante 60 d aumento progresivo de BVN, que alcanzó valores de 157.4 y 172.9 mg N/100g.

En este estudio, los valores de digestibilidad para la proteína estuvieron en el intervalo de 75 a 95 %, consignado por Köprücü y Özdemir (2005) para ingredientes ricos en proteínas, destinados a los peces. Este resultado fue similar a lo informado por Sveier *et al*. (1999) con la harina de subproductos del fileteado de arenques (82.1 %) en *Salmo salar*, cuyas heces se recogieron por el método de masaje abdominal. Además, coinciden con otros estudios que reportan ingredientes proteicos convencionales en peces carnívoros, como harinas de anchoveta (91.4 %) y Menhaden (87.7 %) en salmón coho *Oncorhynchus kisutch*, mediante el sistema de colección de heces que propusieron Hajen *et al*. (1993), citado por Sugiura *et al*. (1998). Con recogidas de heces por columnas de decantación, Bureaut *et al*. (1999) informaron harinas de plumas hidrolizadas (81 %), carne y hueso (85 %), subproducto de aves (87 %) y sangre (82 %) en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Portz y Cyrino (2004) refirieron harinas de pescado (87 %) y subproductos de aves (81.5 %) en lobinas (*Micropterus salmoides*), con recolección de heces por columna de decantación. Tibbetts *et al*. (2006), con este mismo método de recogida, indicaron concentrados proteicos de arveja (89.8 %), canola (88.8 %), harinas de subproducto de aves (80.2 %), cangrejo (89.4 %) y lupino (89.7 %) en bacalao del Atlántico *Gadus morhua*.

En este estudio, los valores favorables que se encontraron en la digestibilidad de la proteína se deben a la poca lixiviación de los componentes nitrogenados solubles presentes en las heces, debido al método de recolección (decantación), su consistencia y tiempo de exposición al agua. En otros métodos, como el masaje abdominal, puede suceder lo contrario, pues se presentan problemas de contaminación con material sin digerir, orina, sangre e incluso productos sexuales, que pueden conducir erróneamente a bajos valores de digestibilidad.

Según Aksnes y Opstvedt (1998), cuando las grasas se suministran, solas o comprometidas en los ingredientes de la dieta, presentan habitualmente valores de digestibilidad de 85 a 95 % para peces. En este estudio, la digestibilidad de los lípidos (tabla 4) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los ensilajes. No obstante, se encontraron valores mayores que 95 %, lo que se puede explicar por las características del aceite de estos subproductos, al tener altas concentraciones de ácidos grasos poli-insaturados ω-3 (Vidotti *et al*. 2002b). Estos permiten mayor grado de insaturación, indispensable para mayor fluidez, flexibilidad y permeabilidad de las membranas a bajas temperaturas, esenciales para peces marinos y de aguas frías como los salmones.

Vidotti *et al*. (2002b) refirieron que los ensilajes preparados con peces marinos presentaron elevados niveles de ácidos grasos de cadenas largas y alta insaturación (C22:1 y C22:6 ω3) con respecto a los de agua dulce. Además, son mejor absorbidos que ingredientes con mayor cantidad de lípidos saturados.

Bureau (2004) consignó que los alimentos para trucha arco iris con aceites de pescado o vegetal (altos niveles de ácidos grasos ω-3 y ω-6) fueron más digeribles (6 %) que los que contenían grasa de animales terrestres (altos contenidos de ácidos saturados), debido al punto de fusión de los ácidos saturados, que es elevado.

En este experimento, la digestibilidad aparente de las cenizas (tabla 4) resultó similar entre los ensilajes, mientras que el fósforo difirió significativamente ($P < 0.01$). Los residuos fermentados presentaron los valores más favorables.

Estudios realizados por Sugiura *et al*. (1998) en salmón coho demostraron que la digestibilidad de fósforo (P8) en ingredientes de origen animal, con altos niveles de cenizas, podía reducir la absorción fraccional e incrementar la excreción fecal de este mineral. Además, estos autores mencionan una correlación inversa entre el consumo (μg P_8 / peso vivo /d), la digestibilidad aparente y la absorción fraccional neta de P_8. Al parecer, la absorción intestinal de P_8 fue irregular, específicamente la absorción neta se relaciona con la cantidad ingerida. No obstante, en este trabajo, donde se utilizaron residuos pesqueros caracterizados por altos contenidos de cenizas (17.4 g/100g MS), la digestibilidad del fósforo fue positiva y compatible con otras harinas de origen pesquero, como Menhaden (40.4 %), arenque (57.3%) y anchoveta (47.4 %), encontradas en el salmón coho (Sugiura *et al*. 1998).

Sarker *et al*. (2007) hallaron que la acidificación dietética para especies gástricas fue efectiva, al incrementar la disponibilidad de minerales en los huesos de peces y harina de pescado, lo que comprobaron al suplementar bajos niveles de ácido cítrico a la dieta de la dorada japonesa (*Pagrus major*). Esto incrementó la absorción de fósforo en la harina de pescado.

En este estudio, el efecto de los ácidos orgánicos presentes en los silos (ácidos fórmico y láctico) mejoró la disponibilidad de este mineral (fósforo), debido al efecto acidificante que solubilizó el P_8 presente en los residuos pesqueros.

La literatura referida al uso de EP en la dieta de salmón del Atlántico es escasa. No obstante, se han encontrado trabajos que refrieren su efecto benéfico en la alimentación de estos peces. Berge y Storebakken (1996) alimentaron larvas de *Salmo salar* a partir de una dieta con altos niveles de ensilaje de pescado, y obtuvieron tasas favorables de crecimiento y supervivencia, lo que atribuyeron a la suplementación de enzimas proteolíticas del propio silo, debido a que son pocas en el tracto digestivo durante esta etapa de vida de los peces.

También Espe *et al.* (1999) refirieron que la inclusión de 15 % de proteína hidrolizada de ensilajes pesqueros tuvo un efecto positivo en el desempeño productivo de estos peces. Sin embargo, la mayor digestibilidad de la proteína fue con las dietas que contenían niveles de 30 y 40 %.

Los resultados de este trabajo mostraron que los ensilajes de residuos pesqueros variaron su composición química con respecto a los desechos frescos, pero no alteraron su valor nutricional. Por tanto, pueden constituir una alternativa como fuente proteica en la elaboración de raciones para el salmón del Atlántico. Por consiguiente, se disminuye la dependencia de la harina de pescado como fuente de proteína primaria, así como los costos por concepto de eliminación de los residuos pesqueros.

Referencias

Aksnes, A. & Opstvedt, J. 1998. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. Aquaculture 161: 45

Albrecht, M. & Torpoco, M. 2008. Obtención de residuos crudos de pescados fermentados y proteolisados (ensilados) mediante el uso de Koji. Boletín de Investigaciones del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú 8: 9

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Anal. Chem. 16th. Ed. AOAC. Washington, DC. 1018 pp.

Balzarini, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., González, I. A., Robledo, C. W. & Tablada, M. E. 2001. Software estadístico INFOSTAT. Manual de usuario, Versión 1. Córdoba. Argentina

Berge, G. & Storebakken, T. 1996. Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon *Salmo salar* fry. Aquaculture 145: 205

Bórquez, A., Saez, P., Alcaino, J., Dantagnan, D. & Hernández, A. 2007. Efectos de la lixiviación sobre la digestibilidad aparente: Comparación entre dos métodos de recolección de heces. 1er Congreso de Acuicultura. Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile

Bureau, D. P. 2004. Animal fats as aquaculture feed ingredients. International AQUAFEED 7: 33

Bureau, D. P., Harris, A. M. & Cho, C. Y. 1999. Apparent digestibility of residual animal protein ingredients for rainbow trout (*Oreorhynchus mykiss*). Aquaculture 180:345

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1

Enes, M. L., Batista, I., Nout, R., Rombouts, F. & Houben, J. 1998. Lipid and protein during the ensilage of blue whiting (*Micromesistius poutassou* Risso) by acid and biological methods. Food Chemistry 63:97

Espe, M., Sveier, H., Høgøy, I. & Lied, E. 1999. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed fish protein concentrate. Aquaculture 174: 119

Fagbenro O. & Jauncey, K. 1993. Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silage. Food Chemistry 48: 331

Gerón, L.J., Zeoula, L., Meire, R., Matsushira, M., Kasama, R., Ferreira, S. & Fereli, F. 2007.Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and *in vitro* intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. Animal Feed Sci. Tecnol. 136:226

Glencross, B., Evansa, D., Dods, K., Cafferty, P., Hawkins, W., Maas, R. & Sipsas, S. 2005. Evaluation of the digestible value of lupin and soybean protein concentrates and isolates when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using either stripping or settlement faecal collection methods. Aquaculture 245: 211

González, D. & Marín, M. 2005. Obtención de ensilado biológico a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. Revista Científica FCV-LUZ. XV 6: 560

Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, R., Sandnes, K., Ruud, M. & Hemre, G. I. 2005. Nutrient utilisation in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L) fed increased levels of hydrolysate during a period of fast growth. Aquaculture Nutrition 11: 301

Köprucü, K. & Özdemir, Y. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 250: 308

Llanes, J. 2010. Caracterización y evaluación de los ensilajes de residuos pesqueros como sustituto de la harina de pescado en dietas semi-húmedas para tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Tesis Dr. La Habana, Cuba

Llanes, J., Toledo, J. & Lazo de la Vega, J. 2008. Comportamiento del bagre africano *Clarias gariepinus* alimentado con dieta semi-húmeda a base de ensilado biológico de pescado. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 42: 269

NRC. 1993. National Research Council. Nutrient Requirement of Fish. Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. National Academic Press, Washington, D.C. 114 pp.

Portz, L. & Cyrino, J. E. P. 2004. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepéde, 1802). Aquaculture Res. 35: 312

Refstie, S., Olli, J. & Standal, H. 2004. Feed intake, growth and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. Aquaculture 239: 331

Sarker, S.A., Satoh, S. & Kiron, V. 2007. Inclusion of citric acid and/or amino acid- chelated trace elements in alternate plant protein source diets affects growth and excretion of nitrogen and phosphorus in red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture 262: 436

Santana-Delgado, H., Avila, E. & Sotelo, A. 2008. Preparation silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculates*) and its evaluation in broiler diets. Anim. Feed Sci. Tecnol. 141:129

Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K. & Hardy, R.W. 1998. Apparent protein and mineral availabilities in varius feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture 159:177

Sveier, H., Wathne, E. & Lied, E. 1999. Growth, feed and nutrient utilisation and gastrointestinal evacuation time in Atlantic salmon *Salmo salar* L.: the effect of dietary fish meal particle size and protein concentration. Aquaculture 180:265

Stone, F.E., Hardy, R.W., Shearer, K.D. & Scott, T.M. 1989. Utilization of fish silage by Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*). Aquaculture 76:108

Tibbetts, S., Milley, J. E. & Lall, S. P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod *Gadus morua* (Linnaeus 1758). Aquaculture 261:1314

Toledo, J., Botello, A. & Llanes, J. 2009. Evaluación de tres ensilajes químico de pescado en *Clarias gariepinus*. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 26:14

Toledo, J. & Llanes, J. 2007. Estudio comparativo de los desechos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907.html> [Consultado: 26/05/2008]

Vidotti, R. M., Carneiro, D.J. & Macedo-Viegas, E.M. 2002a. Growth Rate of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fingerlings Fed Diets Containing Co-Dried Fish Silage as Replacement of Fish Meal. J. Appl. Aquaculture 12:77

Vidotti, R. M., Carneiro, D. J. & Viegas, E. 2002b. Acid and fermented silage Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coeficient of Crude Protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. J. World Aquaculture Soc. 33:57

Tibbetts, S., Milley, J. E. & Lall, S. P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Aquaculture 261:1314

Recibido: 24 de febrero de 2011